

# 干熄焦生产工艺的优化控制

刘 鑫

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750000

**摘 要:** 针对干熄焦传统生产存在参数调控单一、设备运行波动、焦炭质量不稳、能耗偏高及安全隐患等问题, 本文从循环气体系统、炉内换热冷却、余热回收及智能控制系统四个维度, 制定多参数联动优化控制策略。通过现场对照试验验证方案效果, 结果表明, 优化工艺可显著提升焦炭品质、降低生产能耗、稳定设备运行, 同时筑牢生产安全防线, 兼具良好的经济、安全与环保效益, 适配焦化行业绿色低碳发展需求。

**关键词:** 干熄焦; 生产工艺; 优化控制

**引言:** 干熄焦是焦化行业绿色生产的核心工艺, 凭借提质、节能、环保的优势逐步替代传统湿熄焦工艺。当前工业生产中, 干熄焦系统普遍存在人工调控滞后、参数联动性差、工况适配能力弱等问题, 易引发焦炭烧损、能耗超标、气体浓度异常等问题, 制约生产提质增效。为解决上述生产痛点, 本文结合生产实际剖析工艺短板与成因, 针对性制定全流程优化控制方案, 为干熄焦精细化、智能化生产提供技术参考。

## 1 干熄焦生产工艺及控制现状分析

### 1.1 干熄焦核心生产工艺原理

(1) 干熄焦工艺基本流程主要分为五大环节, 依次为红焦装入、惰性气体循环、换热冷却、冷焦排出、余热回收。高温红焦装入密闭干熄炉后, 利用循环惰性气体带走焦炭热量, 完成冷却作业, 冷却后的冷焦有序排出, 同时回收余热实现能源再利用。(2) 气固换热机理与余热回收是工艺核心。以惰性气体为换热介质, 高温红焦与低温惰性气体逆向接触, 通过对流、传导方式完成气固换热, 气体升温后进入余热锅炉, 将热能转化为蒸汽能源, 实现余热高效回收, 替代传统湿法熄焦的热量浪费模式。(3) 相较于湿熄焦, 干熄焦技术优势显著。可有效提升焦炭强度与粒度均匀性, 改善焦炭质量; 全程密闭作业, 无大量蒸汽粉尘排放, 环保性更强; 同时可回收余热产能, 大幅降低生产能耗, 适配绿色焦化生产需求。

### 1.2 干熄焦生产系统组成与控制要点

(1) 主体设备系统包含干熄炉、循环风机、余热锅炉、除尘设备。干熄炉为核心换热冷却载体, 循环风机保障惰性气体稳定循环, 余热锅炉实现热能转化回收, 除尘设备有效净化生产烟气, 保障生产洁净度。(2) 工艺控制核心模块涵盖温度、气体流量、压力、成分四大控制体系, 各模块协同保障系统稳定运行, 维持换热、冷

却、余热回收全过程的工况平衡。(3) 生产关键管控指标以焦炭合格率、系统能耗、烧损率、烟气排放指标为主, 是评判干熄焦生产质量、能耗水平与环保合规性的核心依据<sup>[1]</sup>。

### 1.3 现有生产工艺控制存在的问题

(1) 参数控制存在明显短板, 生产中多为单参数独立调控, 各参数联动协调性差, 面对工况波动时适配性弱, 难以实现精准调控。(2) 设备运行稳定性不足, 循环风机、余热锅炉运行易出现波动, 导致气固换热效率不稳定, 设备整体能耗偏高, 增加生产成本。(3) 生产质量与安全隐患突出, 焦炭冷却粒径不均、局部烧损问题频发, 同时系统内可燃气体的易出现超标情况, 存在安全生产风险。

### 1.4 工艺问题成因分析

(1) 传统生产依赖人工辅助调控, 响应速度滞后, 自动化控制精度不足, 无法适配精细化生产需求。(2) 工况动态变化时, 各项工艺参数匹配不合理, 缺乏智能动态优化机制, 参数调控滞后于工况变化。(3) 部分设备长期运行出现老化损耗, 且日常运维管理不规范, 进一步降低了生产系统整体运行稳定性。

## 2 干熄焦生产工艺关键参数优化控制策略

### 2.1 循环气体系统参数优化控制

(1) 气体流量精准调控是稳定干熄焦换热效果的核心。传统固定流量调节方式无法适配炉内动态工况, 为此需建立基于炉内料层厚度、红焦温度的动态调节方案。依托实时监测设备采集料层疏密、入炉红焦温度数据, 联动循环风机变频调节, 焦炭温度高、料层厚实阶段适当增大气体流量, 强化换热冷却效果; 低负荷工况下调减流量, 避免气体冗余流动造成能耗浪费, 实现流量与生产工况的精准匹配。(2) 气体成分优化控制可有效规避安全隐患、降低焦炭烧损。生产中需实时监测系统内氧

气、氢气、一氧化碳等可燃气体浓度,建立常态化成分监测机制。针对氧气浓度超标易引发焦炭烧损、可燃气体积聚易引发安全风险的问题,精准优化氮气等惰性气体配比,及时稀释超标可燃气体,严控炉内氧含量阈值,维持循环气体成分稳定,保障熄焦作业安全高效开展<sup>[2]</sup>。(3)系统压力平衡调控聚焦气密防护与能耗管控。干熄炉负压过大易吸入外界空气,加剧焦炭氧化烧损,正压过高则会导致惰性气体外泄、热能损耗。通过搭建压力闭环控制系统,实时采集炉内各点位压力数据,动态微调风机转速、排气阀开度,精准规避负压漏气、正压泄损问题,维持系统微正压平衡状态,保障气体循环系统密闭稳定运行。

## 2.2 干熄炉换热与冷却工艺优化

(1)装焦布料优化能够彻底改善炉内换热不均问题。传统装焦易出现焦炭粒径偏析、局部料层疏密不均的情况,导致气流短路、冷却效果差异化明显。通过优化装焦设备运行参数,调整布料转速、落料方式,均匀分散不同粒径焦炭,消除局部料层空洞与堆积问题,实现炉内料层全方位均匀分布,为稳定气固换热奠定基础。(2)冷却温度梯度控制采用分段温控模式,降低焦炭损耗。根据干熄炉内部换热规律,将冷却区域划分为高温、中温、低温三段,针对性设定各段温控阈值与换热参数。通过精准调控各段气体温度与流速,缩小焦炭内外冷却温差,避免焦炭表层快速降温、内部余热滞留引发的开裂、烧损问题,有效降低整体烧损率,提升焦炭成品质量稳定性。(3)熄焦时长动态优化适配多元化生产工况。固定熄焦时长无法适配不同温度、不同批次的入炉红焦,易出现冷却不彻底或过度冷却、能耗浪费等问题。建立动态熄焦调控机制,根据入炉红焦初始温度、焦炭批次、料层厚度等核心数据,智能调整熄焦作业时长,既保障焦炭完全冷却达标,又避免无效换热能耗,适配差异化生产需求<sup>[3]</sup>。

## 2.3 余热回收系统优化控制

(1)优化余热锅炉运行参数匹配机制,提升蒸汽回收效率。结合循环气体温度、流量变化,动态调整锅炉给水温度、进水流量、蒸汽压力等核心参数,让锅炉运行工况与换热后的高温烟气工况精准匹配,避免参数失衡导致的换热不充分问题,最大化捕捉烟气温余热,提升蒸汽产出效率与余热利用率。(2)强化循环换热系统损耗控制,减少热能无效散失。针对管道散热、气体换热损耗、设备散热等热能流失问题,对循环气体管道、锅炉腔体进行保温改造,定期排查管道密封点位,杜绝气体泄漏造成的热能损耗。同时优化气体循环路径,减少

换热冗余环节,降低系统换热过程中的无效热能散失。(3)构建余热回收与生产工况联动调控体系。将余热回收系统运行参数与干熄炉冷却、气体循环工况联动调节,在保障焦炭冷却质量的前提下,根据生产负荷动态调整余热回收强度,实现生产稳定与节能增效的协同统一,进一步降低整体生产能耗。

## 2.4 自动化智能控制系统优化升级

(1)优化基于PLC的多参数联动自动调控系统。摒弃传统单参数独立调控模式,依托PLC控制系统整合温度、流量、压力、气体成分等核心参数,搭建多参数联动调控模型,实现各工艺参数协同调节,解决参数匹配失衡、工况适应性差等问题,提升工艺调控精准度。(2)完善实时数据监测、预警与故障自动调节功能。搭建全流程数据采集监测平台,实时采集、存储、分析生产数据,针对温度超标、压力异常、气体浓度超限、设备波动等故障设置分级预警机制,同时配套自动调节程序,实现故障快速响应、自动纠偏,降低人工干预滞后性带来的生产波动<sup>[4]</sup>。(3)优化人工与智能调控协同机制。明确智能自动调控的常规工况适配范围,针对极端工况、设备异常、启停作业等特殊场景,保留人工辅助调控权限,形成智能自动调控为主、人工精准兜底的协同模式,既保障生产自动化、精细化运行,又提升复杂工况下的生产稳定性与安全性。

## 3 干熄焦生产工艺优化控制方案应用效果与效益分析

### 3.1 现场试验方案设计

(1)试验工况设置采用对照组与优化组对比模式,精准验证优化方案应用效果。对照组沿用传统人工调控、单参数独立控制的原有生产工艺,保持常规风量、压力、熄焦时长等参数恒定,贴合车间原有生产工况。优化组全面应用多参数联动调控、动态流量调节、分段冷却温控等优化策略,根据炉内料层、红焦温度实时调整工艺参数,两组试验保持入炉焦炭批次、生产负荷、设备工况基本一致,保障试验对比的科学性与公平性。(2)本次试验采集多维度核心指标,全面评估优化方案性能。质量指标包含焦炭冷热强度、粒度均匀性、烧损率及化学组分稳定性;能耗指标涵盖系统电耗、惰性气体消耗、余热回收效率及蒸汽产量;设备运行指标包括循环风机、余热锅炉运行波动幅度、设备故障率、换热效率;安全指标主要为炉内压力稳定性、可燃气体与氧气浓度变化情况,实现全维度数据监测分析。(3)试验过程实施标准化管控与数据校准。试验期间统一装焦、冷却、排焦作业流程,规避人为操作差异带来的试验误差。所有监测数据通过现场自动化采集设备实时记录,定时对温度、

压力、流量、气体检测仪表进行校验,剔除异常波动数据,对采集数据进行均值处理与误差修正,确保试验数据真实可靠,为效果分析提供精准数据支撑。

### 3.2 工艺优化对焦炭质量的改善效果

(1) 工艺优化后焦炭物理性能指标显著提升。通过布料优化与分段梯度冷却控制,炉内换热更加均匀,有效改善焦炭冷却不均问题。相较于对照组,优化组焦炭冷热强度明显提升,焦炭破碎、开裂情况大幅减少,同时粒径偏析问题得到有效改善,整体粒度均匀性大幅提高,有效提升了焦炭成品品质,满足高炉生产用料标准。(2) 优化方案有效降低焦炭烧损率,稳定焦炭化学组分。通过气体成分精准调控,严格控制系统氧含量,杜绝局部高温氧化烧损现象,焦炭烧损率显著下降。同时稳定的冷却工况避免了焦炭理化性质波动,固定碳、灰分等关键化学组分趋于稳定,焦炭产品质量一致性大幅提升。(3) 批次生产焦炭质量稳定性显著提升。传统工艺受工况波动、人工调控滞后影响,不同批次焦炭质量差异较大。优化后的智能联动调控系统可动态适配不同生产工况,弱化外界工况波动对生产的影响,有效缩小各批次焦炭强度、粒度、烧损率的指标偏差,实现批量生产质量稳定可控<sup>[5]</sup>。

### 3.3 节能降耗与生产效率提升效果分析

(1) 系统整体能耗实现明显下降。通过气体流量动态调控、压力闭环控制,杜绝风量过剩、气体泄漏等能源浪费问题,循环风机等设备运行能耗大幅降低,系统电耗、惰性气体消耗量较传统工况显著下降,有效解决了传统工艺能耗偏高的问题。(2) 余热回收系统运行效能大幅提升。优化后锅炉参数与换热工况精准匹配,热能无效散失大幅减少,气固换热效率持续稳定,设备整体换热利用率提升,单位红焦的蒸汽产量明显增加,余热回收效率稳步提升,实现了废热资源的最大化利用。(3) 设备运行稳定性与生产连续性显著提升。多参数联动优化有效降低了工况波动对设备的冲击,风机、锅炉运行更加平稳,设备故障频次大幅减少,设备运维周期延长,有效减少停机检修时间,显著提升生产线连续作

业能力与整体生产效率。

### 3.4 综合效益分析

(1) 经济效益十分显著。工艺优化实现了节能降本、提质增效多重收益,系统能耗降低有效减少电力、燃气消耗成本;焦炭烧损率下降、质量提升,提高了成品合格率与产品附加值;设备故障率降低,减少维修耗材与停机损失,同时产能稳定性提升,进一步增加企业生产收益。(2) 安全效益突出。通过气体成分、炉内压力的智能闭环调控,有效规避负压吸气、正压泄气问题,杜绝可燃气体超标、局部高温烧损等安全隐患,设备运行波动大幅降低,极大减少了设备故障引发的安全风险,提升干熄焦生产线本质安全水平。(3) 环保效益良好。优化后生产过程密闭性更强,气体排放稳定可控,焦炭燃烧与换热过程污染物生成量减少,无组织粉尘、有害气体排放得到有效管控,契合焦化行业绿色生产、低碳节能的发展标准,助力企业实现清洁化、标准化生产。

### 结束语

本文构建的干熄焦生产工艺优化控制体系,有效解决了传统工艺参数调控滞后、换热不均、能耗浪费、运行不稳等核心问题。经现场试验证实,该优化方案可全面提升焦炭成品质量、降低生产能耗与设备故障率,规避各类生产安全隐患。此次工艺优化实现了生产质量、安全、节能、环保的多重提升,可为同类型干熄焦生产线的工艺升级与精细化管控提供可靠借鉴与实践依据。

### 参考文献

- [1]刘晔.焦炭行业运行状况分析及趋势判断[J].山西煤炭管理干部学院学报,2023,14(1):96-99.
- [2]董海,钟英飞.钢铁产业在结构调整持续发展中与焦化相关若干问题的探讨[J].燃料与化工,2024,40(4):101-105.
- [3]李冠军.干熄焦—现代焦炉生产技术[J].安徽冶金科技职业学院学报,2023,16(4):58-61.
- [4]刘湃,克兢兢.新一代干熄焦技术的发展及应用[J].燃料与化工,2025,47(3):84-88.
- [5]郭锐,刘显灵,周健.干熄焦发展现状及工艺优点分析[J].山东化工,2023,44(16):127-129.